

# EP0763406

Publication Title:

Method of determination of the spatial position of an object

Abstract:

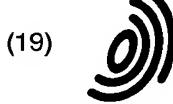
1322 Abstract of EP0763406

The method involves using several spatially separated electronic cameras with image processing function which is calibrated by imaging a calibration board with a point pattern associated with each camera, and using the resulting images to determine the position of each camera w.r.t. the calibration board. The position of each camera is stored, the calibration board is independently measured and the resulting measurements are also stored. An object is entered into the space between the cameras and a determined point on the object is imaged on each camera. The relative position of that point in the image is processed together with the constructive, predetermined position of the characteristic point on the object and the stored data. All processed values describe the position of the object in the six spatial degrees of freedom.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

---

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>



(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
19.03.1997 Patentblatt 1997/12

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B25J 9/16, G05B 19/401

(21) Anmeldenummer: 95114588.7

(22) Anmeldetag: 15.09.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
BE DE DK ES FR GB IT PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
LT SI

• Wienand, Stephan, Dipl.-Ing.  
D-64673 Zwingenberg (DE)

(71) Anmelder: ISRA Systemtechnik GmbH  
64297 Darmstadt (DE)

(74) Vertreter: Dallhammer, Herbert, Dipl.-Ing.  
c/o Rechtsanwälte  
Dallhammer & Kellermann  
Wormser Str. 5 - 7  
64625 Bensheim (DE)

(72) Erfinder:  
• Ersü, Enis, Dipl.-Ing.  
D-64297 Darmstadt (DE)

### (54) Verfahren zum Bestimmen der Lage eines Körpers im Raum

(57) Bei einem Verfahren zum Bestimmen der Lage eines Körpers im Raum, um Manipulationen an diesem durchzuführen, wird zur Lösung der Aufgabe, ein zu manipulierendes Element in Bezug zum Manipulator direkt zu bringen, vorgeschlagen, daß jede von mehreren räumlich getrennten elektronischen Kameras mit Bildverarbeitung bei deren Einmessen eine ihr zugeordnete Kalibriertafel mit Punktmuster aufnimmt, deren Bilder sowie das Punktmuster zur Bestimmung der Lage der einzelnen Kamera im Raum verarbeitet und deren Lage speichert, daß eine Vermessung der Kalibriertafeln zueinander getrennt hiervom erfolgt, daß diese

Werte ebenfalls gespeichert werden, daß anschließend der Körper in den Raum zwischen den elektronischen Kameras verbracht wird, daß je ein charakteristischer Punkt auf dem Körper in je einer diesem zugeordneten elektronischen Kamera abgebildet wird, daß dessen Lage im Bild mit seiner konstruktiven, vorgegebenen Position des charakteristischen Punktes auf dem Körper zusammen mit den gespeicherten Werten verarbeitet wird und daß alle derart verarbeiteten Werte, die Lage des Körpers im Raum, in den sechs räumlichen Freiheitsgraden charakterisieren.

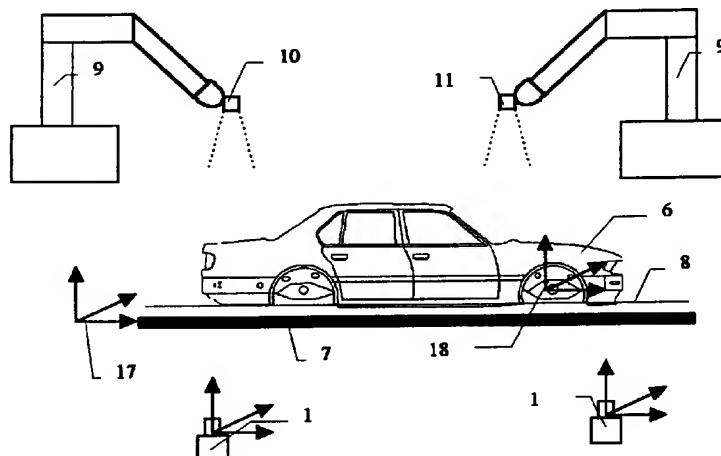


Fig. 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen der Lage eines Körpers im Raum, um Manipulationen an diesem durchzuführen.

Derartige Verfahren zur Bestimmung der Lage eines Körpers in einem Raum sind insbesondere bei der Herstellung von Kraftfahrzeugen erforderlich, wenn es bei der Serienherstellung und Serienmanipulation darum geht, Körper gleichen Typs mit Zusatzelementen wie Türen, Kotflügeln, Radaufhängungen oder Kofferraumdeckeln zu versehen. Auch ist es einsetzbar, um erforderliche Manipulationen beim Schweißen, Lackieren oder Abdichten von Nähten raschstmöglich durchzuführen.

Jedoch nicht nur auf dem Gebiet der Fahrzeugtechnik, sondern auf allen anderen Gebieten, bei welchen ein Bauteil aus mehreren Bauteilen zusammengesetzt werden soll, ist zur raschen Herstellung eines derartigen Elements, insbesondere im Hinblick auf die Genauigkeit und die Schnelligkeit eine Lagebestimmung unumgänglich.

Um derartige Vermessungen durchzuführen, fehlt es nicht an Versuchen, dies zu bewerkstelligen. So ist es beispielsweise bekannt geworden, Kanten einer Fahrzeugkarosserie mit Hilfe einer Laserabtastung festzustellen, diese Werte zu speichern und entsprechend diesen Werten nachfolgende Bauteile auszurichten, um dann anschließend daran, beispielsweise mit Hilfe von Robotern, Türen anzuschweißen oder auch das Befestigen von Kofferraumdeckeln oder Motorhauben zu bewerkstelligen.

Es ist jedoch bekannt, daß durch Laserstrahl eine Gesundheitsschädigung nicht auszuschließen ist. Für die Verbindung eines Bauteils mit einem Grundkörper, beispielsweise einer Autotür mit einem Grundrahmen, ist es erforderlich, Lagetoleranzen auszugleichen, weil sonst ein Verschweißen nicht sicher durchgeführt werden kann, wenn nicht die Stellen für die Scharniere der Tür am Rahmen genau erreicht werden oder wenn zwischen diesen Stellen und den Türscharnieren zu Beginn des Schweißvorgangs ein zu großer Abstand besteht. Die Folge derartiger Mißeinstellungen sind dann zwangsläufig Ausschußherstellungen, die erst mühselig entweder nachgearbeitet oder direkt verschrottet werden müssen.

Als Hilfsmittel verwendet man deshalb auch mechanische Aretierungen, welche auf den Förderbändern die zusammenzubauenden Bauteile, d. h. den Grundkörper sicher führen, damit von dieser Seite aus bereits eine grobe Voreinstellung gegeben ist. Derartige Hilfseinrichtungen sind jedoch nicht nur einem Verschleiß und einer Verschmutzung ausgesetzt, sondern es tritt wie oben ausgeführt auch die Toleranz bei der Herstellung des Grundkörpers sehr stark in Erscheinung. Dies und die zunehmende Forderung nach flexibler Fertigung bei einem Produktmix führen dazu, daß solche Einrichtungen praktisch nicht mehr einsetzbar sind. Unter Produktmix versteht man im vorliegenden

Fall eine nicht sortenreine Fertigung auf einer Fertigungsline.

Ausgehend hiervon liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein zu manipulierendes Element in Bezug zum Manipulator direkt zu bringen. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß jede von mehreren räumlich getrennten elektronischen Kameras mit Bildverarbeitung bei deren Einmessen eine ihr zugeordnete Kalibriertafel mit Punktmuster aufnimmt, deren Bilder sowie das Punktmuster zur Bestimmung der Lage der einzelnen Kamera im Raum verarbeitet und deren Lage gespeichert, daß eine Vermessung der Kalibriertafeln zueinander getrennt hiervon erfolgt, daß diese Werte ebenfalls gespeichert werden, daß anschließend der Körper in den Raum zwischen den elektronischen Kameras verbracht wird, daß je ein charakteristischer Punkt auf dem Körper in je einer diesem zugeordneten elektronischen Kamera abgebildet wird, daß dessen Lage im Bild mit seiner konstruktiven, vorgegebenen Position des charakteristischen Punktes auf dem Körper zusammen mit den gespeicherten Werten verarbeitet wird und daß alle derart verarbeiteten Werte, die Lage des Körpers im Raum, in den sechs räumlichen Freiheitsgraden charakterisieren. Hierdurch wird erreicht, daß unabhängig von der Genauigkeit der Herstellung des Grundkörpers jeweils an der richtigen Stelle, bezogen auf den Manipulator, Elemente an der richtigen Stelle am Grundkörper angebracht werden können, da die Ausrichtung des Körpers nunmehr zwangsläufig durch eine Koordinatentransformation zwischen dem die räumliche Lage des Körpers darstellenden Koordinatensystem und dem Koordinatensystem des Roboters oder Manipulators, der zwangsläufig zu den Fahrzeugkoordinaten ausgerichtet sein muß, um ein sicheres und ausschußfreies Bearbeiten des Körpers beispielsweise des Grundgestells einer Karosserie zu bewirken. Auch ist es hierdurch möglich, Lackierungen oder Abdichtungen oder Ummantelungen zielgenau am zu fertigenden Bauteil anzubringen.

Darüberhinaus ist auch eine mechanische Bearbeitung eines so in den Raum verbrachten Körpers möglich, wenn zusätzlich erfindungsgemäß die Führung eines Gegenhalters das Bauteil bzw. die Karosse abstützt, so daß mittels spanabhebender Bearbeitung beispielsweise eine Bearbeitung durchgeführt werden kann.

Eine Ausgestaltung des erfinderischen Gegenstandes besteht darin, daß die Position eines Nullkörpers des selben Typs bestimmt wird und daß die Messung aller folgenden Körper auf diesen bezogen werden. Damit wird erreicht, daß eventuelle Fehler bei der Einmessung sowie der Vermessung zufolge ungenauer Herstellung der Grundkarosse beispielsweise minimiert werden, da diese Fehler sich beim Bezug der weiteren Karosserien auf die Nullkarosse als Fehler höherer Ordnung wesentlich verringern.

Im Nachfolgenden wird an einem Ausführungsbeispiel die erfinderische Verfahrensweise näher erläutert.

Es zeigen in schematischer Darstellung:

Figur 1 einen Einmeßvorgang für die Position einer Kamera bezüglich des Raums

Figur 2 eine Bestimmung der räumlichen Lage eines Körpers an welchem Manipulationen durchgeführt werden

Figur 3 Einfluß einer Positionierung eines Nullkörpers

In der Beschreibung werden in den einzelnen Figuren gleiche Bauteile mit denselben Bezugziffern bezeichnet.

Gemäß Figur 1 wird eine Kamera 1, bei der es sich um eine bekannte CCD-Kamera mit bekannter Bildverarbeitung handelt, optisch mit einer Kalibriertafel 2 in Verbindung gebracht. Auf der Kalibriertafel 2 sind Markierungen 3 angeordnet, deren gegenseitiger Abstand bekannt ist. Die Kamera 1 wird an den Rand des Raumes verbracht, beispielsweise bei einer Lackierkabine zum Lackieren von Fahrzeugkarossen hinter einer Wand der Lackierkabine, um die Kamera vor Beschädigung und Verschmutzen zu schützen, dergestalt, daß lediglich eine kleine Öffnung in der Wand verbleibt, durch welche die Kamera 1 eine optische Verbindung mit der ihr zugeordneten Kalibriertafel 2 aufnehmen kann.

Voraussetzung für eine richtige Einmessung ist lediglich, daß die Kamera 1 nicht senkrecht zur Kalibriertafel 2 steht.

Die nunmehr über die Kamera aufgenommenen Informationen dienen dazu, die räumliche Lage, bzw. das Koordinatensystem der Kamera 1, festzulegen. In den anderen Wänden 4 der Lackierkabine sind mindestens noch zwei weitere Kameras 1 in der selben Weise angeordnet und arbeiten ebenfalls mit weiteren Kalibriertafeln zusammen. Der Vorgang des Einmessens wurde der Einfachheit halber nur mit einer Kamera erläutert. Es ist jedoch verständlich, daß jede der beiden anderen Kameras in der selben Weise eingemesen werden kann.

Nach Einmessen der Kameras in der oben beschriebenen Weise wird in einem getrennten Vorgang wie ebenfalls auf Figur 1 dargestellt, nunmehr die Lage der Kalibriertafeln 2 bestimmt. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um drei Kalibriertafeln, die durch ein anderes Meßmittel, beispielsweise Theodoliten 5, vermessen und deren Ergebnis gespeichert wird. Das in der Figur 1 dargestellte Koordinatensystem 17 stellt das Bezugskoordinatensystem für die gesamte Messung dar.

Aufgrund dieser Einmeßwerte, bestehend aus den in der Kamera mittels Bildverarbeitung gemessenen und gespeicherten Werten und den durch die theodolitische Vermessung der drei Kalibriertafeln erhaltenen Werte, ist die Position der Kamera bestimmt.

Wird nun, wie in Figur 2 dargestellt, ein Körper 6 in den Raum verbracht, beispielsweise über am Boden 7 verlegte Schienen 8, so kann, nachdem die Kameras 1 auf den Raum eingemessen wurden, nun ein beliebiger Punkt bzw. beliebige Punkte am Körper 6, bei dem

es sich im Ausführungsbeispiel um eine Karosserie handelt, ausgewählt werden, an welchen Manipulationen am Körper 6 durchgeführt werden müssen, beispielsweise das Einsetzen von Türen oder das Anbringen von Deckeln oder das Einstellen von Spritzpistolen bei einer Lackieranlage zu der jeweiligen Oberfläche des Körpers mit Hilfe von Robotern 9. Mittels der Kameras wird die Position je eines Merkmals, dessen Position in dem dem Objekt zugeordneten Koordinatensystem 18 gespeichert ist, im aufgenommenen Kamerabild mittels Bildverarbeitung erkannt und mit dem bei der Einmessung gespeicherten Werten verarbeitet. Hieraus ist der Bezug des Koordinatensystems 18 zum Koordinatensystem 17 bestimmt. So tragen im Ausführungsbeispiel die beiden Roboter 9 Farbdüsen 10 und 11, welche eine fehlerfreie Lackierung des Fahrzeugs ermöglichen. Anstelle dieser Farbdüsen 10/11 können auch andere Hilfswerzeuge treten, beispielsweise Versiegelungseinrichtungen, welche Schweißnähte versiegeln oder auch Schraubeinrichtungen, welche Blechteile mit oder ohne entsprechende Gegenhalterungen an den Karossen anbringen.

Hierzu ist, wie bereits in der Einleitung gesagt, erfindungsgemäß gleichartig eingestellt ein Gegenhalter 25 verwendbar, um beispielsweise die Bohrkräfte, welche beim Bohrvorgang auftreten, aufnehmen zu können, ohne daß die Karosserie während der Manipulation in eine andere Lage verschoben wird.

In Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, 30 mit welchem der Einfluß einer Positionierung eines Nullkörpers auf die hierdurch zu steigernde Bearbeitungsgenauigkeit erläutert wird. Ein Nullkörper 12 wird, wie zu Figur 1 und Figur 2 insbesondere beschrieben, vermessen. Hierbei handelt es sich bei dem Nullkörper um einen Körper des selben Typs der nachfolgend zu bearbeitenden Körper. Durch diese Vorgehensweise lassen sich Fehler, die beispielsweise durch Ungenauigkeiten in der Herstellung oder des Einmessens, oder Meßfehler, die bei der Vermessung des Nullkörpers aufgetreten sind, minimieren. Es bleiben nur noch Fehler höherer Ordnung übrig. Bei nachfolgenden Messungen wird aus einem bei der Nullmessung bestimmten Lagewert zufolge Verschiebung des nächsten zu manipulierenden Körpers 13 ein Verschiebevektor festgestellt, 35 welcher dann bei der Einstellung des in Figur 9 dargestellten Roboters durch Vergleich zwischen Istposition des nächsten zu manipulierenden Körpers 13 mit der Sollposition bzw. Nullposition des Nullkörpers 12 verglichen wird und hiermit berücksichtigbar bleibt.

## 50 Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Lage eines Körpers im Raum, um Manipulationen an diesem durchzuführen, dadurch gekennzeichnet, daß jede von mehreren räumlich getrennten elektronischen Kameras mit Bildverarbeitung bei deren Einmessen eine ihr zugeordnete Kalibriertafel mit Punktmuster aufnimmt, deren Bilder sowie das Punktmuster zur

Bestimmung der Lage der einzelnen Kamera im Raum verarbeitet und deren Lage speichert, daß eine Vermessung der Kalibriertafeln zueinander getrennt hiervon erfolgt, daß diese Werte ebenfalls gespeichert werden, daß anschließend der Körper in den Raum zwischen den elektronischen Kameras verbracht wird, daß je ein charakteristischer Punkt auf dem Körper in je einer diesem zugeordneten elektronischen Kamera abgebildet wird, daß dessen Lage im Bild mit seiner konstruktiven, vorgegebenen Position des charakteristischen Punktes auf dem Körper zusammen mit den gespeicherten Werten verarbeitet wird und daß alle derart verarbeiteten Werte die Lage des Körpers im Raum in den sechs räumlichen Freiheitsgraden charakterisieren. 5 10 15

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Position eines Nullkörpers des selben Typs bestimmt wird und daß die Messung aller folgenden Körper auf diesen bezogen wird. 20

25

30

35

40

45

50

55

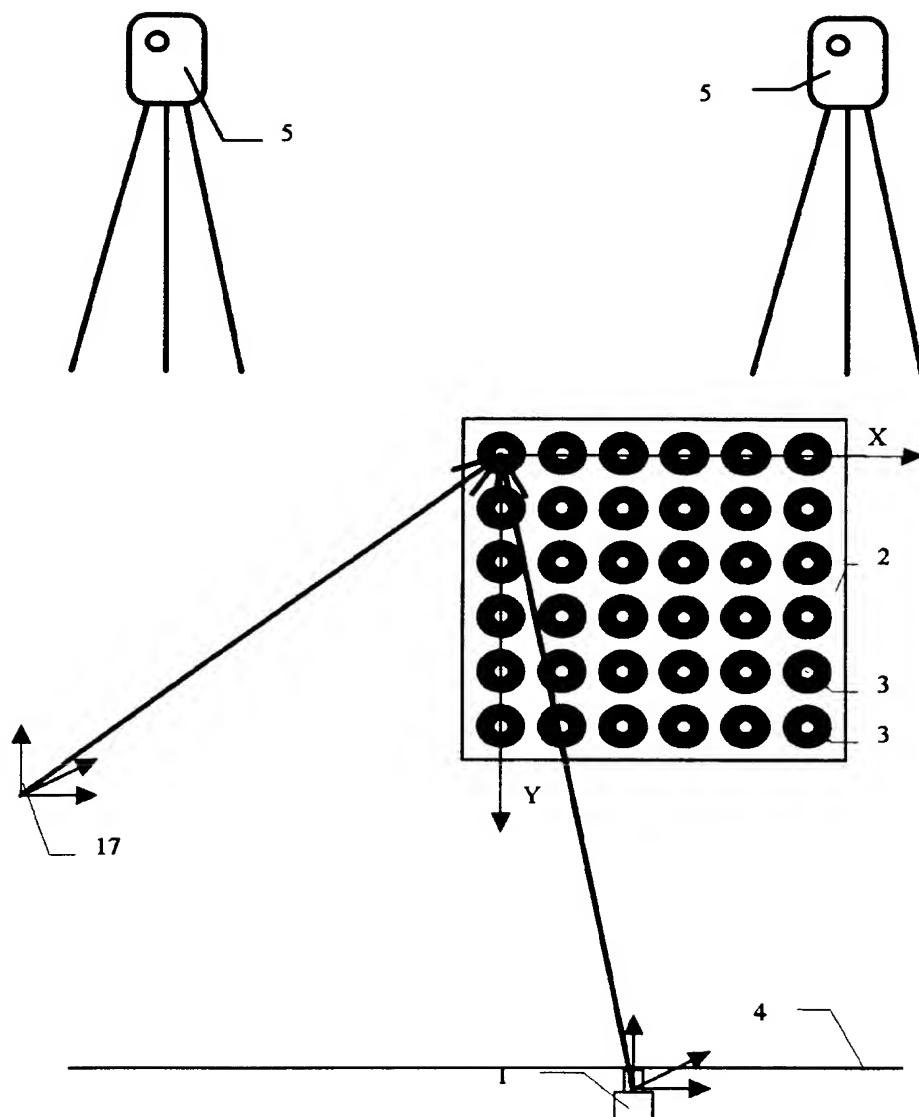


Fig. 1

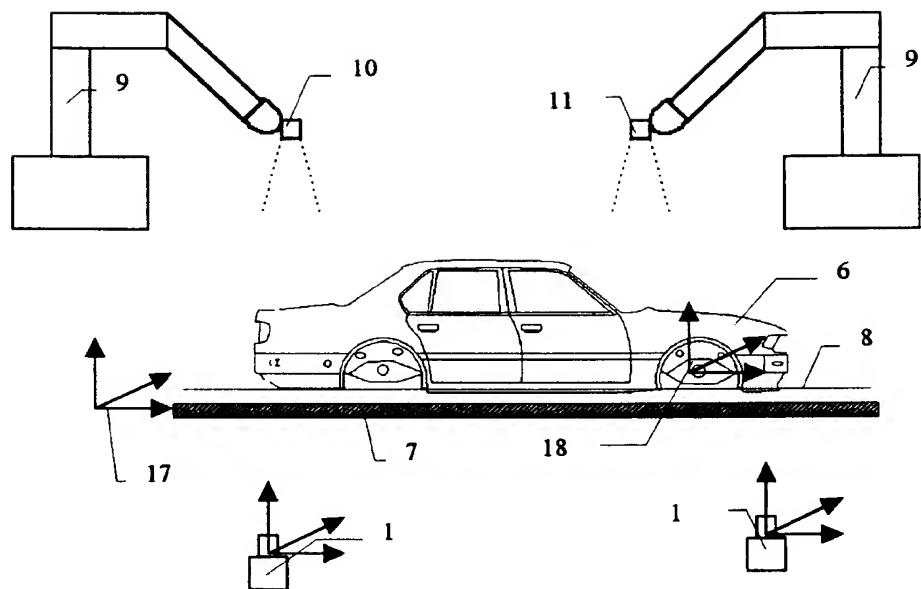


Fig. 2

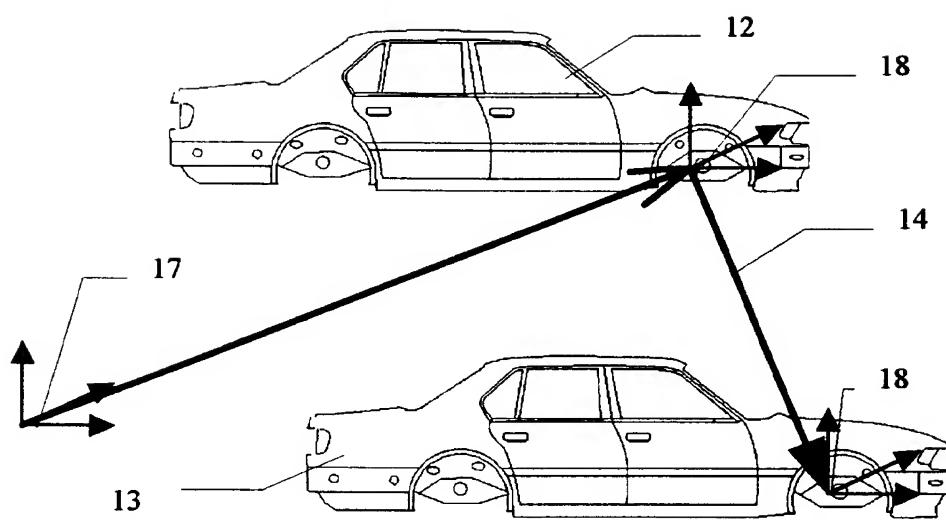


Fig. 3



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE					
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)		
X	US-A-4 639 878 (DAY CHIA P ET AL) 27.Januar 1987 * Spalte 7, Zeile 66 - Spalte 12, Zeile 40; Abbildungen 1-9 * ---	1,2	B25J9/16 G05B19/401		
X	EP-A-0 489 919 (FANUC LTD) 17.Juni 1992 * Seite 2, Spalte 2, Zeile 41 - Seite 3, Spalte 4, Zeile 55; Abbildungen 1-4 * ---	1,2			
A	WO-A-94 29774 (BERTIN & CIE ;LORRAINE LAMINAGE (FR); ABITBOL MARC (FR); MAILLART) 22.Dezember 1994 * Seite 3, Zeile 36 - Seite 10, Zeile 13; Abbildungen 1-3 * ---	1,2			
A	WO-A-93 05479 (CIMETRIX INC.) 18.März 1993 * Seite 10, Zeile 5 - Seite 40, Zeile 22; Abbildungen 1-26 * ---	1,2			
A	US-A-4 796 200 (PRYOR TIMOTHY R) 3.Januar 1989 * Spalte 3, Zeile 11 - Spalte 5, Zeile 29; Ansprüche 1,8; Abbildungen 1-5B * ---	1,2	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (Int.Cl.6)		
A	FR-A-2 706 999 (AUTOMOBILES PEUGEOT S.A. & AUTOMOBILES CITROEN S.A.) 30.Dezember 1994 * das ganze Dokument * -----	1,2	G05B B25J		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt					
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer			
DEN HAAG	26.Februar 1996	Hauser, L			
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE					
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur					
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument					